

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant : Toshikazu Yamamoto et al. Art Unit : Unknown
Serial No. : Examiner : Unknown
Filed : July 29, 2003
Title : DEPOLARIZER AND SPECTROSCOPE AND POLYCHROMATER

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT UNDER 35 USC §119

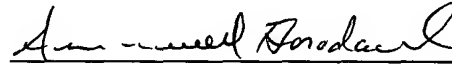
Applicants hereby confirm their claim of priority under 35 USC §119 from Japanese
Application No. 2002-227713 filed August 5, 2002

A certified copy of the application from which priority is claimed is submitted herewith.

Please apply any charges or credits to Deposit Account No. 06-1050.

Respectfully submitted,

Date: 7/29/03



Samuel Borodach
Reg. No. 38,388

Fish & Richardson P.C.
45 Rockefeller Plaza, Suite 2800
New York, New York 10111
Telephone: (212) 765-5070
Facsimile: (212) 258-2291

30156396.doc

CERTIFICATE OF MAILING BY EXPRESS MAIL

Express Mail Label No. EF045062067US

July 29, 2003
Date of Deposit

F03008

14815.016001

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 5日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-227713

[ST.10/C]:

[JP2002-227713]

出 願 人

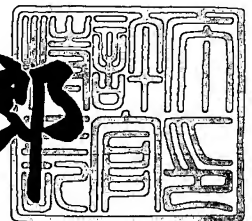
Applicant(s):

安藤電気株式会社

2003年 6月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3047559

【書類名】 特許願

【整理番号】 S02-7-3

【提出日】 平成14年 8月 5日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04B 10/00

【発明の名称】 偏光解消板並びに分光器及びポリクロメータ

【請求項の数】 9

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区蒲田五丁目 2 9 番 3 号 安藤電気株式会社
内

 【氏名】 山本 智一

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区蒲田五丁目 2 9 番 3 号 安藤電気株式会社
内

 【氏名】 金子 力

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区蒲田五丁目 2 9 番 3 号 安藤電気株式会社
内

 【氏名】 森 徹

【特許出願人】

 【識別番号】 000117744

 【氏名又は名称】 安藤電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108578

 【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9719557

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 偏光解消板並びに分光器及びポリクロメータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学軸（12）の方向における厚さが連続的に変化する第2の複屈折板（1B）と、光学軸（13）に対して 45° の方向における厚さが連続的に変化する第3の複屈折板（1C）とを備え、

前記第2の複屈折板（1B）の厚さの減少方向と前記第3の複屈折板（1C）の厚さの減少方向とが逆方向となるように貼り合わせて成ることを特徴とする偏光解消板。

【請求項 2】 光学軸（11）に直行する方向における厚さが連続的に変化する第1の複屈折板（1A）をさらに備え、該第1の複屈折板（1A）を厚さの減少方向が逆方向となるように第2の複屈折板（1B）の表面に貼り合わせて成ることを特徴とする請求項1記載の偏光解消板。

【請求項 3】 光学軸（14）に対して -45° の方向における厚さが連続的に変化する第4の複屈折板（1D）をさらに備え、該第4の複屈折板（1D）を厚さの減少方向が逆方向となるように第3の複屈折板（1C）の表面に貼り合わせて成ることを特徴とする請求項1記載の偏光解消板。

【請求項 4】 光学軸（11）に直行する方向における厚さが連続的に変化する第1の複屈折板（1A）と、光学軸（14）に対して -45° の方向における厚さが連続的に変化する第4の複屈折板（1D）とをさらに備え、前記第1の複屈折板（1A）を厚さの減少方向が逆方向となるように第2の複屈折板（1B）の表面に貼り合わせ、第4の複屈折板（1D）を厚さの減少方向が逆方向となるように第3の複屈折板（1C）の表面に貼り合わせて成ることを特徴とする請求項1記載の偏光解消板。

【請求項 5】 第1～第4の複屈折板（1A～1D）は、水晶、方解石、雲母、またはフッ化マグネシウム、 YVO_4 あるいはルチルの結晶から形成されることを特徴とする請求項1～4いずれかに記載の偏光解消板。

【請求項 6】 請求項1～請求項4いずれかに記載の偏光解消板（1）を分光素子（5）の前段に配置して成り、第2の複屈折板（1B）の厚さの減少方向

と分光素子（５）の分散方向とが直行することを特徴とする分光器。

【請求項 7】 第 2 の複屈折板（１ B）の光入射面が光の入射方向に対して傾斜するように偏光解消板（１）を姿勢設定することを特徴とする請求項 6 記載の分光器。

【請求項 8】 光が分光素子（５）を複数回通過することを特徴とする請求項 6 または 7 記載の分光器。

【請求項 9】 請求項 1 ～請求項 4 いずれかに記載の偏光解消板（１）を分光素子（５）の前段に配置して成り、分光素子（５）からの出射光を並列検出する一次元光検出器（８ B）を備えることを特徴とするポリクロメータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、偏光解消板並びに分光器及びポリクロメータに関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に分光器で用いられる分散素子には偏光依存性がある。したがって、直線偏光のような特定方向へ偏った光が入射すると、同じエネルギーの光でも偏光方向によって異なった出力特性を示す。このような分散素子の代表例として回折格子が挙げられるが、この回折格子は、入射光の偏光状態によって回折効率が異なるという偏光依存性を持つ。つまり、回折格子に刻まれた溝に対して垂直な偏光成分と、溝に対して水平な偏光成分とでは、反射率が異なる。このため、回折格子を使用した分光器は、入射光の偏光状態により効率が変わり、光の分光特性を測定する上で障害となる。このような偏光依存性を取り除くためには、任意の偏光状態を持った入射光を円偏光か無偏光に変換する偏光スクランブラが必要である。

【0003】

偏光スクランブラとして偏光解消板が用いられている。従来技術（特許第2995985号）による偏光解消板の例を図 7 を用いて説明する。符号 2 は偏光解消板であり、水晶板 2 A，2 B とから構成されている。水晶板 2 A は、（a）に示され

ているように、自らの光学軸 2 1 に対して 45° 方向に厚みが連続的に変化するよう形状設定される一方、水晶板 2 B は、自らの光学軸 2 2 に対して -45° 方向に厚みが連続的に変化するよう形状設定されている。そして、このような水晶板 2 A と水晶板 2 B とは、光学軸 2 1 と光学軸 2 2 とが互いに直交する状態に貼り合われることにより、(b) に示されているように、全体として所定の厚さを有する偏光解消板 2 を構成している。

【 0 0 0 4 】

周知のように、水晶は、その結晶構造のために特定の方向に光学軸をもつ。水晶に侵入した光波は光学軸に平行な平面波と垂直な平面波に分かれ、異なった位相速度で結晶中を進行する。この現象を複屈折という。すなわち、水晶は、自らを透過する光のうち、光学軸に平行に振動する光成分と、光学軸に垂直に振動する光成分との間に位相差を与えるという複屈折性を有する。ここで与えられる位相差は、水晶の厚みに比例する。上記水晶板 2 A 及び水晶板 2 B は厚みが連続的に変化し、光が透過する場所により厚みが異なるので、光が透過する場所により与えられる位相差が異なる。

【 0 0 0 5 】

例えば、図 7 (b) に示した光キ、ク、ケの透過前の偏光状態が同じでも、水晶板 2 A と水晶板 2 B で与えられる位相差がそれぞれ異なるので、透過後の光キ、ク、ケの偏光状態はそれぞれ異なる。したがって、偏光解消板 2 は、光キ、ク、ケの偏光状態を空間的にみて多くの偏光状態の混ざった状態に変換できる。つまり、偏光状態が空間的に攪乱される。ただし、上記偏光解消板 2 は、光学軸 2 1, 2 2 に平行または垂直に振動する光に対しては効果がなく、これらの光はそのままの偏光状態で透過する。

【 0 0 0 6 】

図 8 は、上記偏光解消板 2 を使用した分光器の構成図である。この図において、符号 3 は入射スリット、4 は凹面鏡、5 は回折格子、6 は凹面鏡、7 は出射スリットである。入射スリット 3 を通過した光は、回折格子 5 によって波長によって異なる角度へ回折する。出射スリット 7 を通過し受光部 8 A に到達する波長成分は、回折格子 5 の角度によって決定される。すなわち、回折格子 5 を A の方向

へ回転させることにより波長を掃引し、スペクトラムを得ることが出来る。偏光解消板 2 は、入射スリット 3 の後に、回折格子 5 の溝方向に対し光学軸が 45° の方向となるように配置される。

【 0 0 0 7 】

偏光解消板 2 は入射光を多くの偏光状態の混ざった状態に変換する。光学軸に平行又は垂直に振動する偏光解消板 2 への入射光はそのままの偏光状態で透過するが、偏光解消板 2 を透過したこれらの光は回折格子 5 の溝に対して 45° の角度で入射する。したがって、偏光解消板 2 への入射光の偏光状態がどのようなであっても、回折格子 5 への入射光は、常に溝に垂直に振動する光成分と溝に平行に振動する光成分との比が等しくなる。よって入射光の偏光状態により効率が変動することはない。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上記従来の偏光解消板 2 は、水晶板 2 A の光学軸 2 1 と水晶板 2 B の光学軸 2 1 とは互いの光学軸が直交するので、水晶板 2 A の光学軸に平行な光は、水晶板 2 B の光学軸に垂直となる。したがって、斜面の両側で屈折率が異なるので、光は斜面で屈折を起こす。しかも、屈折角は、水晶板 2 A の光学軸 2 1 に平行に振動する光成分と、光学軸 2 1 に垂直に振動する光成分とで異なる。例えば、図 9 における入射光ソは、光学軸 2 1 に平行に振動する光成分は屈折光ハになり、光学軸 2 1 に垂直に振動する光成分は屈折光ヒになる。つまり、偏光解消板 2 には、斜面の方向にそって光が 2 つの光線に分離してしまうという欠点がある。

【 0 0 0 9 】

したがって、図 8 の分光器においても、偏光解消板 2 で光が 2 つの方向に分離され、出射スリット 7 上で光線の焦点位置が 2 つに分かれてしまう。図 10 は、図 8 に示した出射スリット 7 の正面図である。(a) において、サは偏光解消板 2 が不在の場合の焦点位置、コとシは偏光解消板 2 を挿入した場合の 2 つの焦点位置である。

【 0 0 1 0 】

一方、焦点をコとする光線と焦点をシとする光線の各パワーは、入射光の偏光状態により変わる。光の偏光状態を表すJonesベクトル表記を用いると、任意の完全偏光の入射光 E_0 は式(1)のようにを表すことができる。この式(1)の第1成分はX方向成分の大きさを表し、第2成分はY方向成分の大きさを表す。また、 f は周波数、 δ_0 は初期位相、 δ はX方向成分とY方向成分の位相差、 ϕ は方位角である。

【0 0 1 1】

【数1】

$$E_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp\left(-i\frac{\delta}{2}\right) \\ \exp\left(i\frac{\delta}{2}\right) \end{pmatrix} \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \quad (1)$$

【0 0 1 2】

この式(1)で表される入射光が偏光解消板2を通過した後に2つの光線ハ、ヒに分かれ、回折格子5を通過する。当該光線ハ、ヒは、上記図10(a)に示すように、出射スリット7上で2つの焦点コ、シに結ばれる。

【0 0 1 3】

また、図10(b)において、焦点コにおける光線の状態 E_1 は下式(2)によって表され、そのパワー P_1 は下式(3)によって表される。焦点シにおける光線の状態 E_2 は式(4)によって表され、そのパワー P_2 は式(5)によって表される。式(6)に示す P_θ は方位角 θ の部分偏光子を表し、式(7)における G は、X方向成分の回折効率が α 、Y方向成分の回折効率が β である回折格子を表す。なお、式(3)と式(5)における「*」は複素共役を表す。式(8)から解るように、2つの焦点コ、シにおける光線の総強度は入射光の状態に依らず一定であるが、式(3)と式(5)とから解るように、焦点コにおける光線と焦点シにおける光線の強度比は入射光 E_0 の状態によって変化する。

【0 0 1 4】

【数 2】

$$E_1 = G \cdot P_{45} \cdot E_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\cos \phi \cdot \cos \frac{\delta}{2} - i \cdot \sin \phi \cdot \sin \frac{\delta}{2} \right) \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \quad (2)$$

【0 0 1 5】

【数 3】

$$P_1 = E_1 \cdot E_1^* = \frac{1}{2} \left(\cos^2 \phi \cdot \cos^2 \frac{\delta}{2} + \sin^2 \phi \cdot \sin^2 \frac{\delta}{2} \right) (\alpha^2 + \beta^2) \quad (3)$$

【0 0 1 6】

【数 4】

$$E_2 = G \cdot P_{45} \cdot E_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\sin \phi \cdot \cos \frac{\delta}{2} + i \cdot \cos \phi \cdot \sin \frac{\delta}{2} \right) \begin{pmatrix} -\alpha \\ \beta \end{pmatrix} \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \quad (4)$$

【0 0 1 7】

【数 5】

$$P_2 = E_2 \cdot E_2^* = \frac{1}{2} \left(\sin^2 \phi \cdot \cos^2 \frac{\delta}{2} + \cos^2 \phi \cdot \sin^2 \frac{\delta}{2} \right) (\alpha^2 + \beta^2) \quad (5)$$

【0 0 1 8】

【数 6】

$$P_\theta = \begin{pmatrix} \cos^2 \theta & \cos \theta \cdot \sin \theta \\ \cos \theta \cdot \sin \theta & \sin^2 \theta \end{pmatrix} \quad (6)$$

【0 0 1 9】

【数 7】

$$G = \begin{pmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & \beta \end{pmatrix} \quad (7)$$

【 0 0 2 0 】

【数 8】

$$P=P_1+P_2=\frac{1}{2}(\alpha^2+\beta^2) \quad (8)$$

【 0 0 2 1 】

図 8 の分光器において、偏光解消板 2 を通過して 2 つに分離した光は、凹面鏡 4 で反射し、回折格子 5 によって回折される。下式 (9) は、回折格子 5 における入射角度と回折角度の関係を示している。この式 (9) において、 m は回折次数、 d は回折格子の格子定数、 λ は光の波長、 ξ は回折格子 5 の格子溝に対して垂直な面と入射光がなす角度、 $\psi 1$ は回折格子 5 への入射光の入射角度、 $\psi 2$ は回折格子 5 からの回折光の回折角度である。

【 0 0 2 2 】

【数 9】

$$m\lambda = d\cos \xi (\sin \psi 1 + \sin \psi 2) \quad (9)$$

【 0 0 2 3 】

図 1 1 は、回折格子 5 における上記角度 ξ 、入射角度 $\psi 1$ 及び回折角度 $\psi 2$ の関係を示す説明図である。部品配置の制約等の問題により凹面鏡 4 の軸を外して光を反射させ、Y 軸方向に傾きを持たせて回折格子 5 に光が入射する場合がある。例えば、(特願 2001-335385) に開示するような 8 段式分光器では、2 つの屈折光ハ、ヒは回折格子 5 に入射するとき、入射角度 $\psi 1$ は同じであるが、角度 ξ は異なった値で入射する。したがって、式 (9) から解るように、2 つの屈折光ハ、ヒは異なった回折角度 $\psi 2$ で出射され、図 8 に示す X 軸方向にずれを生じる。その結果、図 1 0 (b) に示すように、2 つの焦点コ、シは、出射スリット 7 の切り込み方向に対して斜め方向に分かれる。すなわち、焦点コと焦点シとでは、出射スリット 7 の切り込み方向に垂直な方向に関する位置が異なる。

【 0 0 2 4 】

以上のように、焦点コと焦点シとでは出射スリット 7 の切り込み方向に垂直な方向に関する位置が異なった上に、式 (3) と式 (5) を用いて説明したように

、入射光の状態によって2つの焦点コ、シにおける光線の強度比が変化すると、分光器での測定中心波長は真の中心波長とは違った値を出力する。

【 0 0 2 5 】

図12は、図8におけるスペクトラム表示部10に出力されるスペクトラム波形を示した図である。図12（ト）は、光線が分かれずに出射スリット7上で焦点が1つの時の測定スペクトラム、図12（ナ）は図10（b）に示した2つの焦点コ、シにおける光線の強度比が1：0のときの測定スペクトラム、図12（ニ）は、図10（b）に示した2つの焦点コ、シにおける光線の強度比が0：1のときの測定スペクトラムである。図12（ト）～（ニ）中、 λ_0 は入射光の真の中心波長であり、 $\Delta\lambda$ は、真の中心波長と測定中心波長との差である。偏光解消板2を用いた分光器から得られる測定スペクトラムは、光の偏光状態によって図12（ナ）に示す状態から図12（ニ）に示す状態まで変化してしまい、真の中心波長を測定することが困難である。

【 0 0 2 6 】

もし、任意の偏光状態の入射光に対して、図10（b）における出射スリット上の焦点コと焦点シのパワーが常に等しく、かつ一定となれば、任意の偏光状態に対して正確な中心波長をもつスペクトラムが得られる。例えば、常に図12（ト）のような状態が得られれば、真の中心波長をもつスペクトラムを測定できる。

【 0 0 2 7 】

また、任意の偏光状態の入射光に対して、正確な中心波長をもつスペクトラムが得られる偏波解消板および分光器（特願2001-196745号）があるが、この方法は分光器に使用される分光回折格子のX方向成分の回折効率 α とY方向成分の回折効率 β が、 $\alpha = 1$ かつ $\beta = 0$ 、または $\alpha = 0$ かつ $\beta = 1$ のような場合でだけしか使用できない。

【 0 0 2 8 】

本発明は、上述する問題点に鑑みてなされたもので、任意の偏光状態の入射光に対して分光素子の偏光依存性を解消することにより、真の中心波長をもつスペクトラムを測定することを目的とする。

【 0 0 2 9 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、偏光解消板に係わる第1の手段として、光学軸（12）の方向における厚さが連続的に変化する第2の複屈折板（1B）と、光学軸（13）に対して 45° の方向における厚さが連続的に変化する第3の複屈折板（1C）とを備え、前記第2の複屈折板（1B）の厚さの減少方向と前記第3の複屈折板（1C）の厚さの減少方向とが逆方向となるように貼り合わせて成るという構成を採用する。

【 0 0 3 0 】

また、偏光解消板に係わる第2の手段として、上記第1の手段において、光学軸（11）に直行する方向における厚さが連続的に変化する第1の複屈折板（1A）をさらに備え、該第1の複屈折板（1A）を厚さの減少方向が逆方向となるように第2の複屈折板（1B）の表面に貼り合わせて成るという構成を採用する。

【 0 0 3 1 】

偏光解消板に係わる第3の手段として、上記第1の手段において、光学軸（14）に対して -45° の方向における厚さが連続的に変化する第4の複屈折板（1D）をさらに備え、該第4の複屈折板（1D）を厚さの減少方向が逆方向となるように第3の複屈折板（1C）の表面に貼り合わせて成るという構成を採用する。

【 0 0 3 2 】

偏光解消板に係わる4の手段として、上記第1の手段において、光学軸（11）に直行する方向における厚さが連続的に変化する第1の複屈折板（1A）と、光学軸（14）に対して -45° の方向における厚さが連続的に変化する第4の複屈折板（1D）とをさらに備え、前記第1の複屈折板（1A）を厚さの減少方向が逆方向となるように第2の複屈折板（1B）の表面に貼り合わせ、第4の複屈折板（1D）を厚さの減少方向が逆方向となるように第3の複屈折板（1C）の表面に貼り合わせて成るという構成を採用する。

【 0 0 3 3 】

偏光解消板に係わる 5 の手段として、上記第 1 ～第 4 いずれかの手段において、第 1 ～第 4 の複屈折板（1 A ～ 1 D）は水晶、方解石、雲母、またはフッ化マグネシウム、YVO₄あるいはルチルの結晶から形成されるという構成を採用する。

【 0 0 3 4 】

一方、本発明では、分光器に係わる第 1 の手段として、上記第 1 ～第 4 いずれかの偏光解消板（1）を分光素子（5）の前段に配置して成り、第 2 の複屈折板（1 B）の厚さの減少方向と分光素子（5）の分散方向とが直行するという構成を採用する。

【 0 0 3 5 】

また、分光器に係わる第 2 の手段として、上記第 1 の手段において、第 2 の複屈折板（1 B）の光入射面が光の入射方向に対して傾斜するように偏光解消板（1）を姿勢設定するという構成を採用する。

【 0 0 3 6 】

分光器に係わる第 3 の手段として、上記第 1 または第 2 の手段において、光が分光素子（5）を複数回通過するという構成を採用する。

【 0 0 3 7 】

さらに、本発明では、ポリクロメータに係わる手段として、上記第 1 ～第 4 いずれかの偏光解消板（1）を分光素子（5）の前段に配置して成り、分光素子（5）からの出射光を並列検出する次元光検出器（8 B）を備えるという構成を採用する。

【 0 0 3 8 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して、本発明に係わる偏光解消板並びに分光器及びポリクロメータの一実施形態について説明する。

【 0 0 3 9 】

図 1 は本実施形態に係わる偏光解消板 1 の構成を示す斜視図及び分解斜視図であり、また図 2 は、当該偏光解消板 1 の構成要素である各水晶板 1 A ～ 1 D の構成を示す正面図、側面図及び平面図である。これら各図に示すように、本偏光解

消板 1 は、各水晶板 1 A ～ 1 D の光学軸 1 1、1 2、1 3、1 4 が互いに異なる方向となるように当該 4 枚の水晶板 1 A ～ 1 D を貼り合わせることで構成されている。各水晶板 1 A ～ 1 D は、一定方向の厚さが連続的に変化する台形状であり、貼り合わせた際の厚さ、つまり本偏光解消板 1 の光透過方向の厚さが全体として一定になるように形状設定されている。

【 0 0 4 0 】

第 1 の水晶板 1 A は、自らの光学軸 1 1 に対して直行する方向の厚さが連続的に変化する台形状であり、第 2 の水晶板 1 B は、自らの光学軸 1 2 に対して平行な方向の厚さが連続的に変化する台形状であり、第 3 の水晶板 1 C は、自らの光学軸 1 3 に対して 45° 方向の厚さが連続的に変化する台形状であり、第 4 の水晶板 1 D は、自らの光学軸 1 4 に対して -45° 方向の厚さが連続的に変化する台形状である。

【 0 0 4 1 】

このような 4 つの水晶板 1 A ～ 1 D は、それぞれ隣り合うもの同士が互いの厚みを補うように重ね合わされている。すなわち、第 1 の水晶板 1 A の厚さの減少（増加）方向と第 2 の水晶板 1 B の厚さの減少方向とは逆方向であり、当該第 2 の水晶板 1 B の厚さの減少方向と第 3 の水晶板 1 C の厚さの減少方向とは逆方向であり、さらに当該第 3 の水晶板 1 C の厚さの減少方向と第 4 の水晶板 1 D の厚さの減少方向とは逆方向である。

【 0 0 4 2 】

すなわち、第 1 の水晶板 1 A の光学軸 1 1 と第 2 の水晶板 1 B の光学軸 1 2 とは直交し、第 2 の水晶板 1 B の光学軸 1 2 と第 3 の水晶板 1 C の光学軸 1 3 とは 45° の角度を成し、さらに第 3 の水晶板 1 C の光学軸 1 3 と第 4 の水晶板 1 D の光学軸 1 4 とは直交する。このような各水晶板 1 A ～ 1 D を貼り合わせることで構成される偏光解消板 1 を全体として見たときに、各水晶板 1 A ～ 1 D の 4 つの光学軸 1 1 ～ 1 4 は、互いに 45° の角度を成す関係にある。

【 0 0 4 3 】

このように構成された偏光解消板 1 では、各水晶板 1 A ～ 1 D は厚さが連続的に変化するよう形状設定されているので、各水晶板 1 A ～ 1 D において光が透

過する部位（透過部位）によって、厚さ、すなわち光の透過距離が異なる。すなわち、透過部位によって光が各水晶板 1 A～1 D から与えられる位相差が異なるため、特定の偏光状態の光を空間的に見て多くの偏光状態の混ざった光に変換することができる。

【 0 0 4 4 】

第 2 の水晶板 1 B の光学軸 1 2 に対して平行方向あるいは直行方向に振動する偏光の光は、第 1 の水晶板 1 A と第 2 の水晶板 1 B とによって位相差が生じることはないが、第 3 の水晶板 1 C と第 4 の水晶板 1 D によって（水晶板 1 D が省略される場合は、水晶板 1 C のみによって）位相差が生じて、偏光状態の混ざった状態に変換される。第 3 の水晶板 1 C の光学軸 1 3 に対して平行方向あるいは直行方向に振動する偏光の光は、当該第 3 の水晶板 1 C と第 4 の水晶板 1 D によって位相差が生じることはないが、第 1 の水晶板 1 A と第 2 の水晶板 1 B とによって（第 1 の水晶板 1 A が省略される場合は、第 2 の水晶板 1 B のみによって）位相差が生じて、偏光状態の混ざった状態に変換される。

【 0 0 4 5 】

次に、上記偏光解消板 1 を用いた分光器（モノクロメータ）について、図 3 を参照して説明する。なお、本分光器は、従来の偏光解消板 2 に代えて、本実施形態に係わる偏光解消板 1 を用いることを特徴とするものであり、図 8 に示した従来の分光器の構成要素と同一の構成要素については同一符号を付して、その説明を省略する。

【 0 0 4 6 】

図示するように、本分光器では、偏光解消板 1 は光路に沿って入射スリット 3 の後に配置される。また、この偏光解消板 1 は、水晶板 1 B の厚さが連続的に変化する方向と回折格子 5 の分散方向とが直行するように配置される。これにより各水晶板 1 A～1 D に設けられた斜面の方向は、回折格子 5 の溝方向と平行になる。また、第 2 の水晶板 1 B と第 3 の水晶版 1 C の貼り合わせ面の反対側となる第 2 の水晶板 1 B の外面及び第 3 の水晶版 1 C の外面が入射光に対してそれぞれ斜に配置される。すなわち、この外面は、第 1 の水晶板 1 A（第 1 の水晶板 1 A が省略される場合は空気）と第 2 の水晶板 1 B との境界面である斜面と、第 3 の

水晶板 1 C と第 4 の水晶板 1 D (第 4 の水晶板 1 D が省略される場合は空気) との境界面である斜面を構成する。

【 0 0 4 7 】

このように構成された本分光器では、第 1 の水晶板 1 A と第 2 の水晶板 1 B とは互いの光学軸 1 1, 1 2 が直交するので、第 1 の水晶板 1 A の光学軸 1 1 に平行に振動する光は、第 2 の水晶板 1 B の光学軸 1 2 に対しては直行して振動することになる。水晶のような複屈折性の結晶では光学軸に平行に振動する光に対する屈折率と光学軸に直行して振動する光に対する屈折率とが異なるので、第 1 の水晶板 1 A (第 1 の水晶板 1 A が省略される場合は空気) と第 2 の水晶板 1 B との境界面である斜面の両側で屈折率が異なる。したがって、入射光は、第 1 の水晶板 1 A と第 2 の水晶板 1 B の境界面 (斜面) で屈折を起こす。しかも、この際の屈折角は、第 2 の水晶板 1 B の光学軸 1 2 に平行に振動する光成分と、当該光学軸 1 2 に直行して振動する光成分とで異なるので、図 4 に示すように、入射光は 2 つの屈折光に分離する。

【 0 0 4 8 】

さらに、第 3 の水晶板 1 C と第 4 の水晶板 1 D とは互いの光学軸 1 3, 1 4 が直交するので、第 3 の水晶板 1 C の光学軸 1 3 に平行に振動する光成分は、第 4 の水晶板 1 D の光学軸 1 4 に対しては直行して振動する。したがって、第 3 の水晶板 1 C と第 4 の水晶板 1 D (第 4 の水晶板 1 D が省略される場合は空気) との境界面である斜面の両側で屈折率が異なるので、光は第 3 の水晶板 1 C と第 4 の水晶板 1 D の境界面 (斜面) で屈折を起こす。しかも、この屈折角は、第 3 の水晶板 1 C の光学軸 1 3 に平行に振動する光成分と当該光学軸 1 3 に直行して振動する光成分とで異なるので、図 4 に示すように、上記 2 つの屈折光は 4 つの屈折光タ～テに分離する。

【 0 0 4 9 】

ここで、光の偏光状態を表す Jones ベクトル表記を用いると、任意の完全偏光の入射光 E_0 は、式 (10) のように表すことができる。なお、この式 (10) において、 f は周波数、 δ_0 は初期位相、 δ は X 方向成分と Y 方向成分の位相差、 ϕ は方位角である。この式 (10) の第 1 成分は X 方向成分の大きさを表し、

式 1 の第 2 成分は Y 方向成分の大きさを表す。

【 0 0 5 0 】

【 数 1 0 】

$$E_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \exp\left(-i\frac{\delta}{2}\right) \\ \exp\left(i\frac{\delta}{2}\right) \end{pmatrix} \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \quad (10)$$

【 0 0 5 1 】

すなわち、このような入射光 E_0 が本偏光解消板 1 を通過すると、当該入射光 E_0 は、図 4 に示すように 4 つの光線タ～テに分かれる。これら各光線タ～テは回折格子 5 を通過し、図 5 に示すように出射スリット 7 上で 4 つの焦点ス～ヌに結ばれる。この図 5 において、光線タは焦点スに、光線ツは焦点セに、光線チは焦点ソに、また光線テは焦点ヌにそれぞれ対応する。

【 0 0 5 2 】

ここで、第 2 の水晶板 1 B の斜面の角度を小さくする程、焦点スと焦点セの間隔及び焦点ソと焦点ヌの間隔は小さくなる。また、第 3 の水晶板 1 C の斜面の角度を小さくする程、焦点スと焦点ソの間隔及び焦点セと焦点ヌの間隔は小さくなる。さらに、第 3 の水晶板 1 C の斜面の角度より第 2 の水晶板 1 B の斜面の角度を小さくすることにより、焦点スと焦点ソの間隔及び焦点セと焦点ヌの間隔より焦点スと焦点セの間隔及び焦点ソと焦点ヌの間隔を小さくする。

【 0 0 5 3 】

焦点スにおける光線の状態 E_1 は、式 (1 1) のように表され、そのパワー P_1 は式 (1 2) によって表される。また、焦点セにおける光線の状態 E_2 は、式 (1 3) のように表され、そのパワー P_2 は式 (1 4) によって表される。焦点ソにおける光線の状態 E_3 は、式 (1 5) のように表され、そのパワー P_3 は式 (1 6) によって表される。さらに、焦点ヌにおける光線の状態 E_4 は、式 (1 7) のように表され、そのパワー P_4 は式 (1 8) によって表される。なお、式 (1 9) の P_θ は、方位角 θ の部分偏光子を表し、式 (2 0) の G は、X 方向成分の回折効率が α 、Y 方向成分の回折効率が β である回折格子を表している。また、式 (1 2)，(1 4)，(1 6) 及び (1 8) における記号「*」は複素共役を表している。

【 0 0 5 4 】

【数 1 1】

$$E_1 = G \cdot P_{45^\circ} \cdot P_{0^\circ} \cdot E_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \left[\cos \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \cos \left(\frac{\delta}{2} \right) - i \cos \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \sin \left(\frac{\delta}{2} \right) \right] \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \cdots (11)$$

【 0 0 5 5 】

【数 1 2】

$$P_1 = E_1 \cdot E_1^* = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{4} \left(\cos^2 \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) + \cos^2 \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \right) \cdots (12)$$

【 0 0 5 6 】

【数 1 3】

$$E_2 = G \cdot P_{45^\circ} \cdot P_{90^\circ} \cdot E_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \left[\cos \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \cos \left(\frac{\delta}{2} \right) + i \cos \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \sin \left(\frac{\delta}{2} \right) \right] \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \cdots (13)$$

【 0 0 5 7 】

【数 1 4】

$$P_2 = E_2 \cdot E_2^* = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{4} \left(\cos^2 \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) + \cos^2 \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \right) \cdots (14)$$

【 0 0 5 8 】

【数 1 5】

$$E_3 = G \cdot P_{45^\circ} \cdot P_{0^\circ} \cdot E_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \alpha \\ -\beta \end{pmatrix} \left[\cos \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \cos \left(\frac{\delta}{2} \right) - i \cos \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \sin \left(\frac{\delta}{2} \right) \right] \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \cdots (15)$$

【 0 0 5 9 】

【数 1 6】

$$P_3 = E_3 \cdot E_3^* = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{4} \left(\cos^2 \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) + \cos^2 \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \right) \dots (16)$$

【 0 0 6 0 】

【数 1 7】

$$E_4 = G \cdot P_{-45} \cdot P_{90} \cdot E_0 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} -\alpha \\ \beta \end{pmatrix} \left(\cos \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \cos \left(\frac{\delta}{2} \right) + i \cos \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \sin \left(\frac{\delta}{2} \right) \right) \exp[i(2\pi ft - \delta_0)] \dots (17)$$

【 0 0 6 1 】

【数 1 8】

$$P_4 = E_4 \cdot E_4^* = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{4} \left(\cos^2 \left(\phi - \frac{\pi}{4} \right) \cos^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) + \cos^2 \left(\phi + \frac{\pi}{4} \right) \sin^2 \left(\frac{\delta}{2} \right) \right) \dots (18)$$

【 0 0 6 2 】

【数 1 9】

$$P_\theta = \begin{pmatrix} \cos^2 \theta & \cos \theta \cdot \sin \theta \\ \cos \theta \cdot \sin \theta & \sin^2 \theta \end{pmatrix} (19)$$

【 0 0 6 3 】

【数 2 0】

$$G = \begin{pmatrix} \alpha & 0 \\ 0 & \beta \end{pmatrix} (20)$$

【 0 0 6 4 】

上述したように、第 2 の水晶板 1 B の斜面の角度を比較的小さくしておけば、
図 5 に示す出射スリット 7 上での焦点スと焦点セの間隔は小さくなり、分光器の

特性上 1 つの焦点とみなせる。式 (2 1) , (2 2) に示すように、任意の偏波状態の測定光に対して、スリット 7 上の焦点スとセのパワー和 P_{12} と焦点ソ及びヌのパワーの和 P_{34} は、常に一定かつ等しい値となる。また、式 (2 3) に示すように、総パワー P は常に一定かつ等しい値となる。

【 0 0 6 5 】

【数 2 1】

$$P_{12} = P_1 + P_2 = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{4} \quad (2 1)$$

【 0 0 6 6 】

【数 2 2】

$$P_{34} = P_3 + P_4 = \frac{\alpha^2 + \beta^2}{4} \quad (2 2)$$

【 0 0 6 7 】

【数 2 3】

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = \frac{1}{2} (\alpha^2 + \beta^2) \quad (2 3)$$

【 0 0 6 8 】

焦点スとセの midpoint 位置が対応する波長と焦点ソとヌの midpoint の位置が対応する波長との差が本分光器の分解能以下であるならば、スペクトラム表示部 1 0 で測定されるスペクトラムは図 1 2 (ト) のようになる。つまり、任意の偏光状態に対して真の中心波長をもつスペクトラムが得られる。

【 0 0 6 9 】

したがって、本分光器によれば、如何なる回折効率を持つ回折格子 5 (分光素子) に対しても、任意の偏光状態の入射光に対して真の中心波長をもつスペクトラムを測定することが可能であり、従来の偏光解消板 2 を用いた分光器に比較して分光特性が改善される。

【 0 0 7 0 】

図 6 は、上記偏波解消板 1 を用いたポリクロメータの構成図である。この図に示すように、本ポリクロメータは、上記分光器（図 3 参照）の出射スリット 7 と受光部 8 A の代わりにセンサアレイ 8 B（一次元光検出器）を配置した構成になっており、回折格子 5 は固定した状態で使用される。この固定状態の回折格子 5 で回折された光は、凹面鏡 6 で反射した後にセンサアレイ 8 B に到達するが、波長に対応して到達するセンサアレイ 8 B の X 方向の位置が決まる。本偏波解消板 1 を使用すれば、上述した分光器と同じ理由で、任意の偏光状態に対して真の中心波長をもつスペクトラムが得られる。

【 0 0 7 1 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、例えば以下のような変形例が考えられる。

（１）上記実施形態では、偏光解消板 1 を 4 つの水晶板 1 A ～ 1 D から構成したが、これに代えて方解石、雲母、フッ化マグネシウム、YVO₄あるいはルチル等の複屈折性をもつ結晶を使用しても良い。

【 0 0 7 2 】

（２）上記実施形態では、4 つの水晶板 1 A ～ 1 D から偏光解消板 1 を構成したが、これら水晶板 1 A ～ 1 D のうち水晶板 1 A 及び水晶板 1 D のうちいずれか一方または両方を省略することができる。すなわち、偏光解消板 1 の機能を実現するための最小構成要素は、光学軸 1 2 と光学軸 1 3 6 とが 4 5° の角度を成す水晶板 1 B 及び水晶板 1 C である。

【 0 0 7 3 】

（３）上記実施形態はツェルニ・ターナー型分光器に関するものであるが、本発明はこれに限定されるものではなく、リトロ型分光器等、種々の変形型分光器に適用することが考えられる。

【 0 0 7 4 】

（４）上記実施形態では、光が分光素子である回折格子 5 を 1 回だけ通過するシングルパス型の分光器について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、光が分光素子である回折格子 5 を複数回通過するマルチパス型の分光器に

本偏波解消板 1 を適用しても良い。このようなマルチパス型の分光器の場合、光学部品の配置上の問題で式 (9) の角度 θ が大きくなる傾向にあり、光の偏波状態の変動による測定中心波長の変動がシングルパス型の分光器より大きくなる。本偏波解消板 1 を使用することにより、任意の偏光状態に対して真の中心波長をもつスペクトラムが得られる。

【 0 0 7 5 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、任意の偏光状態の入射光に対して真の中心波長を測定することが可能である。すなわち、従来の偏光解消板を用いた分光器やポリクロメータに比較して分光特性が改善される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施形態に係わる偏光解消板 1 の全体構成を示す斜視図である。

【図 2】 本発明の一実施形態に係わる偏光解消板 1 の個別構成を示す斜視図である。

【図 3】 本発明の一実施形態に係わる分光器（モノクロメータ）の要部構成を示す構成図である。

【図 4】 本発明の一実施形態に係わる偏光解消板 1 の性質を示す説明図である。

【図 5】 本発明の一実施形態に係わる分光器の分光性能を示す説明図である。

【図 6】 本発明の一実施形態に係わるポリクロメータの要部構成を示す構成図である。

【図 7】 従来の偏光解消板 2 の構成を示す斜視図及び平面図である。

【図 8】 従来の分光器の要部構成を示す構成図である。

【図 9】 従来の偏光解消板 2 の性質を示す説明図である。

【図 1 0】 従来の分光器の分光性能を示す説明図である。

【図 1 1】 従来の分光器に用いられる回折格子 5 の回折機能を示す説明図である。

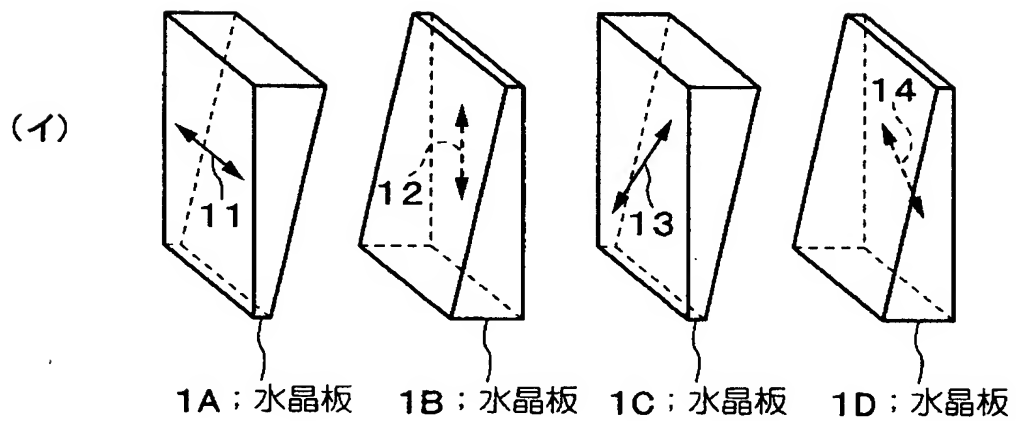
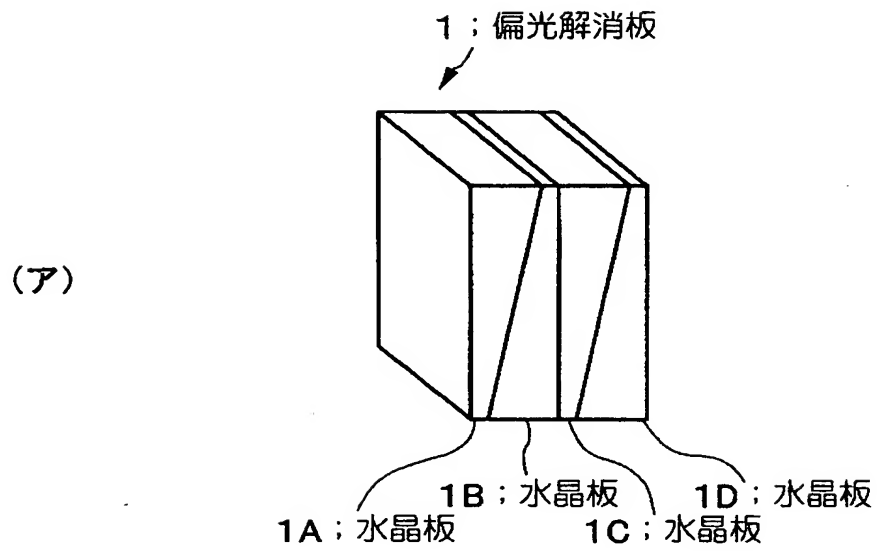
【図 1 2】 従来の分光器のスペクトラムを示す説明図である。

【符号の説明】

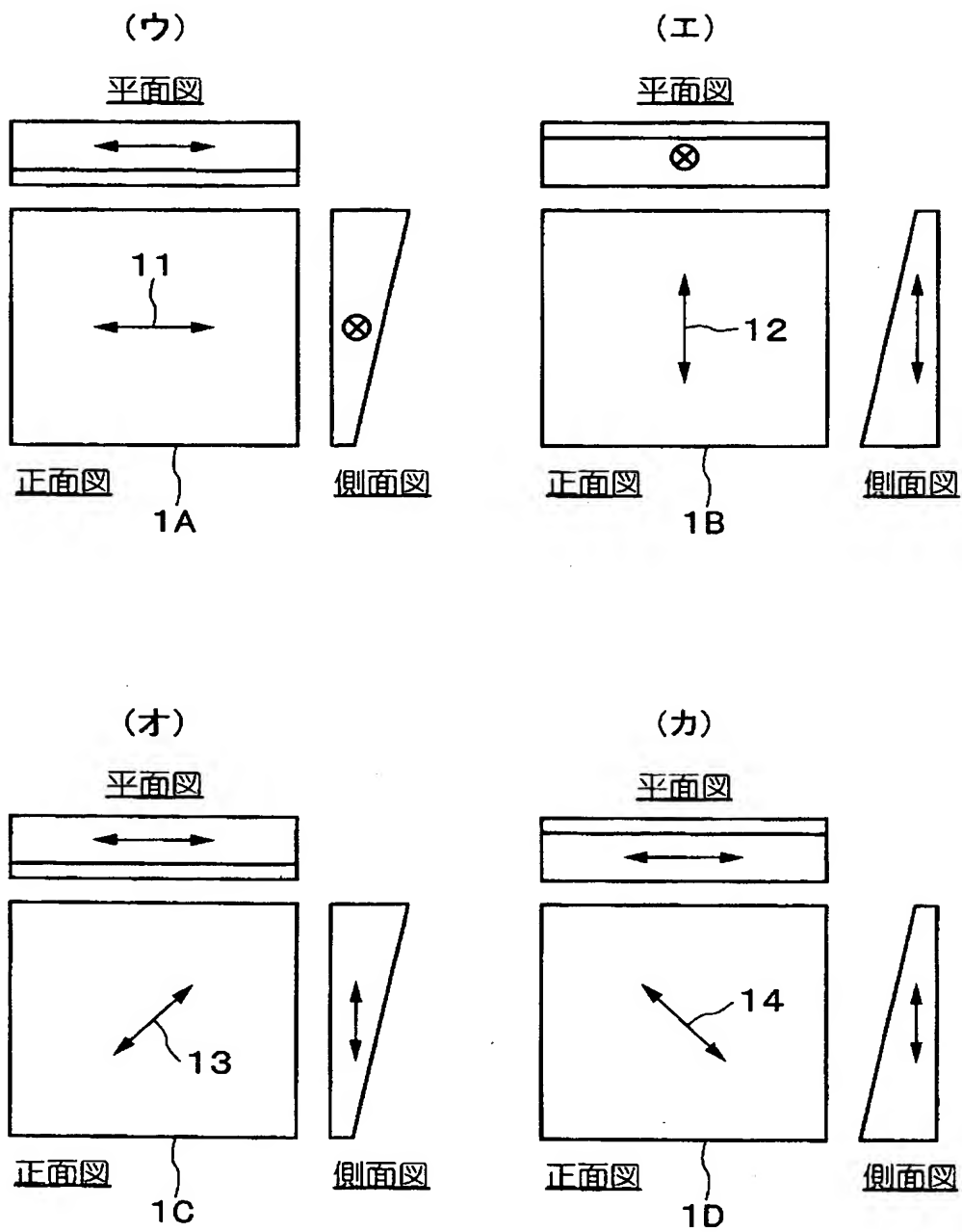
- 1 ……偏光解消板
- 1 A ～ 1 D ……水晶板
- 3 ……入射スリット
- 4 ……凹面鏡
- 5 ……回折格子
- 6 ……凹面鏡
- 7 ……出射スリット
- 8 A ……受光部
- 8 B ……センサアレイ（一次元光検出器）
- 9 ……信号処理部
- 1 0 …… スペクトラム表示部
- 1 1 ～ 1 4 ……光学軸

【書類名】 図面

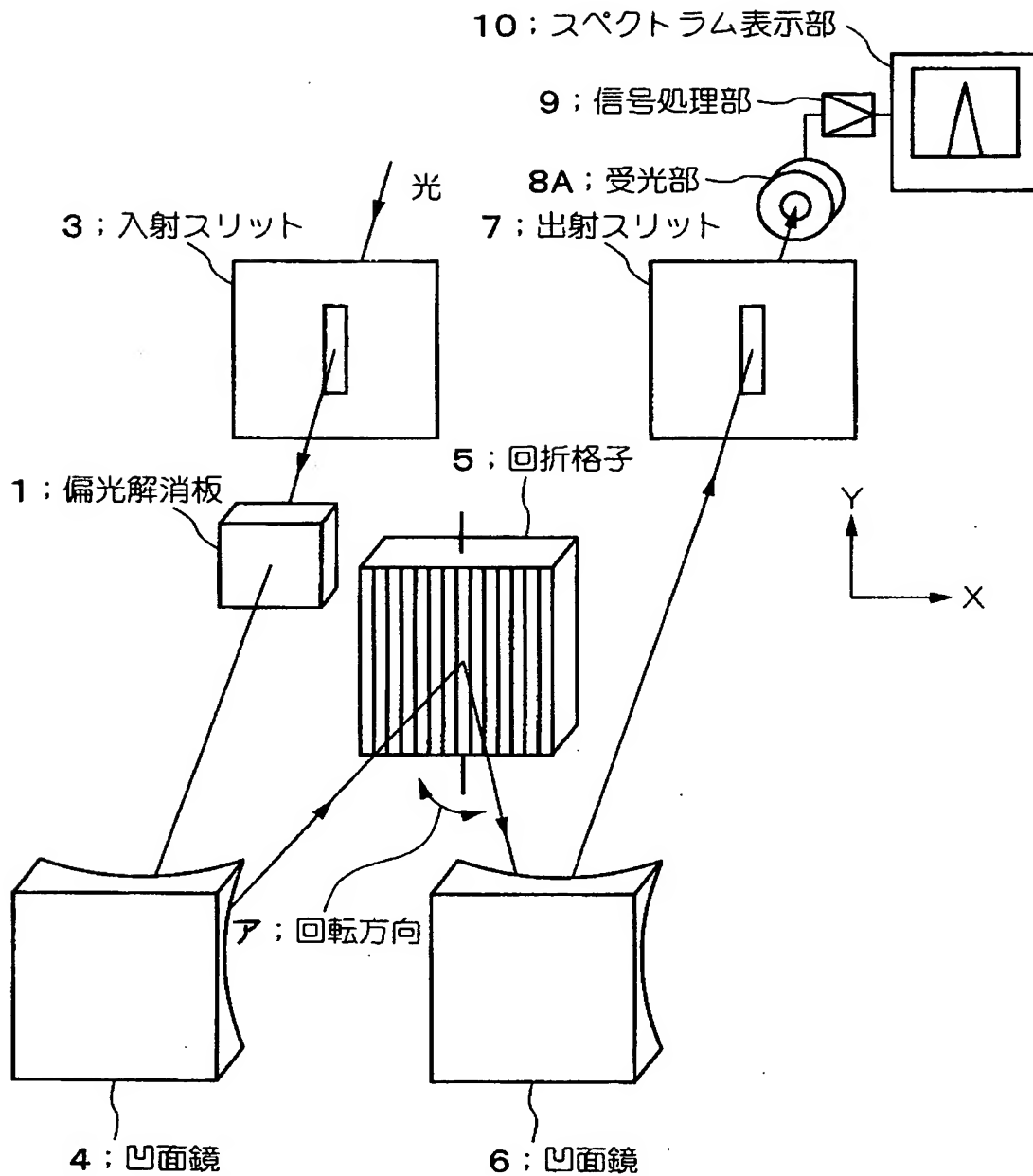
【図 1】



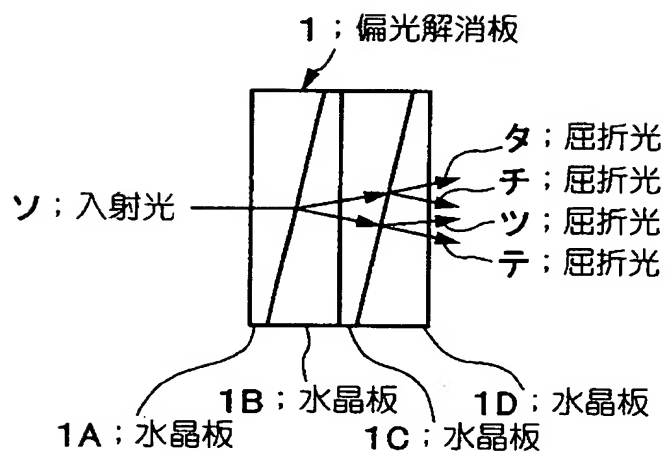
【図2】



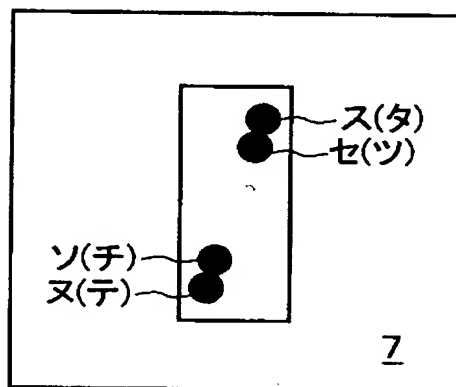
【図 3】



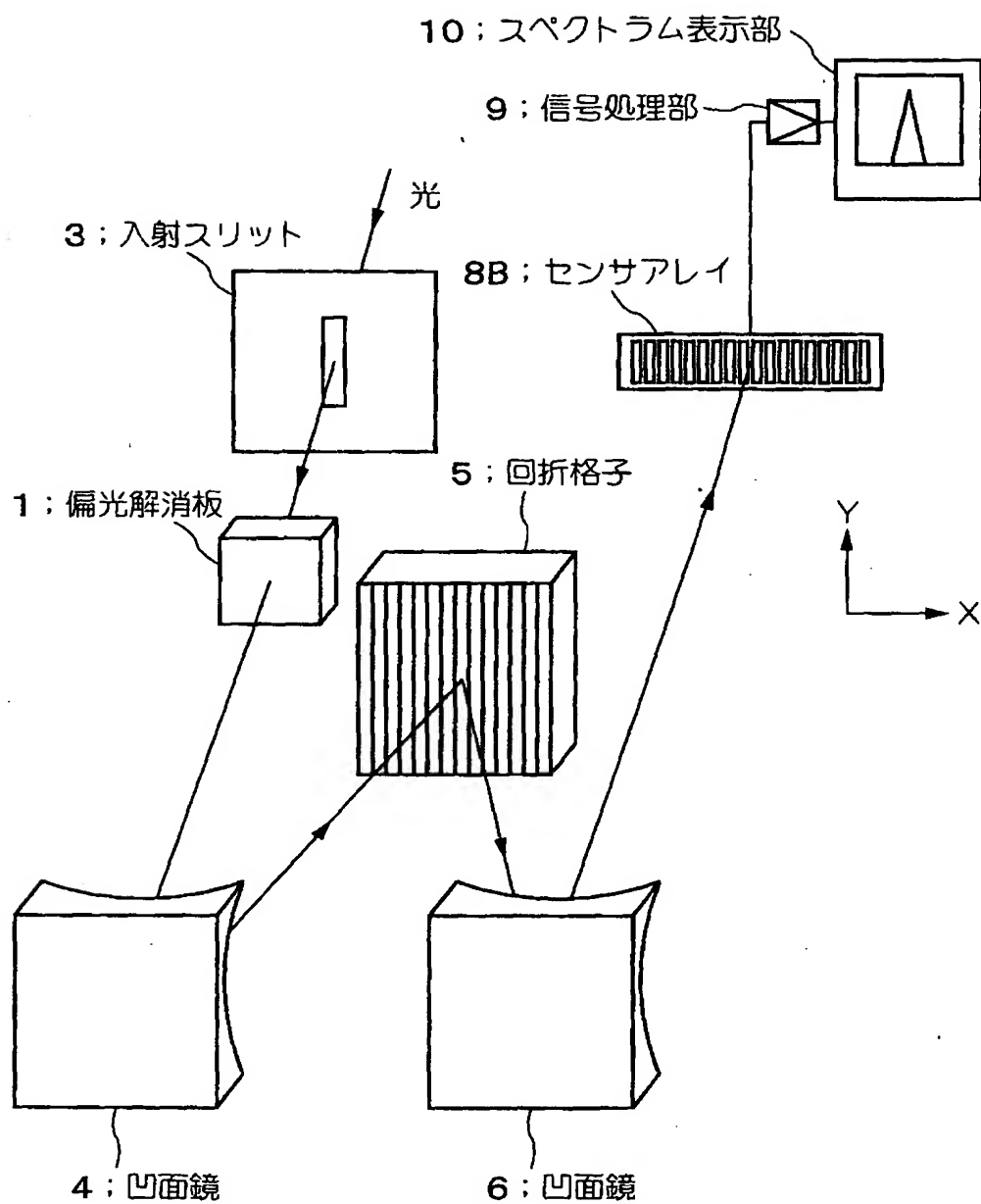
【図 4】



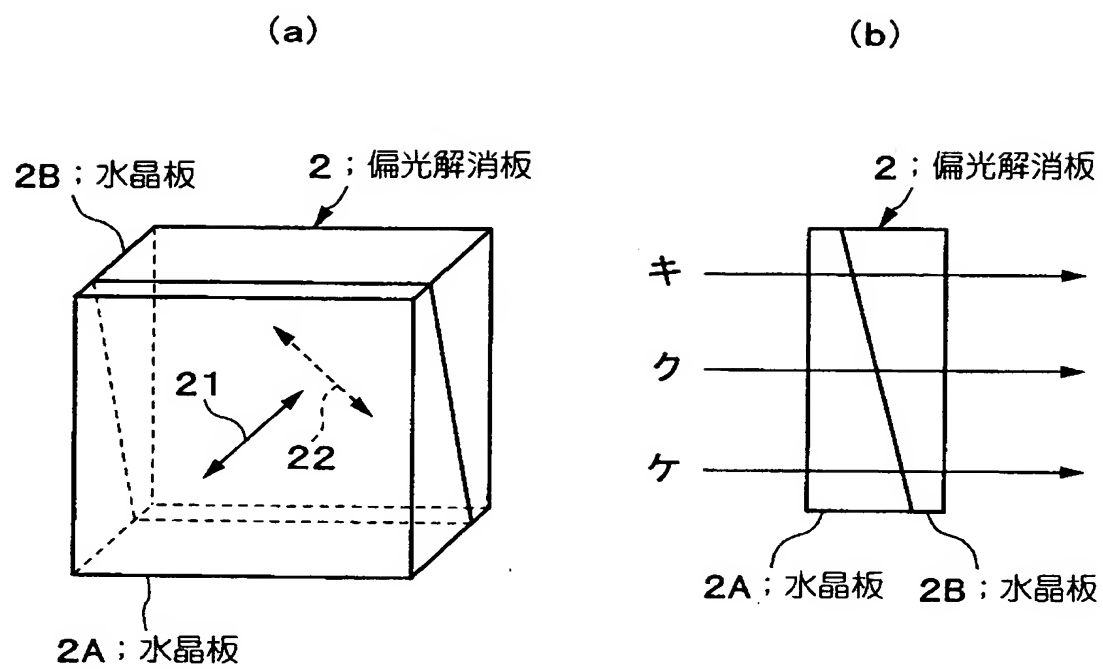
【図 5】



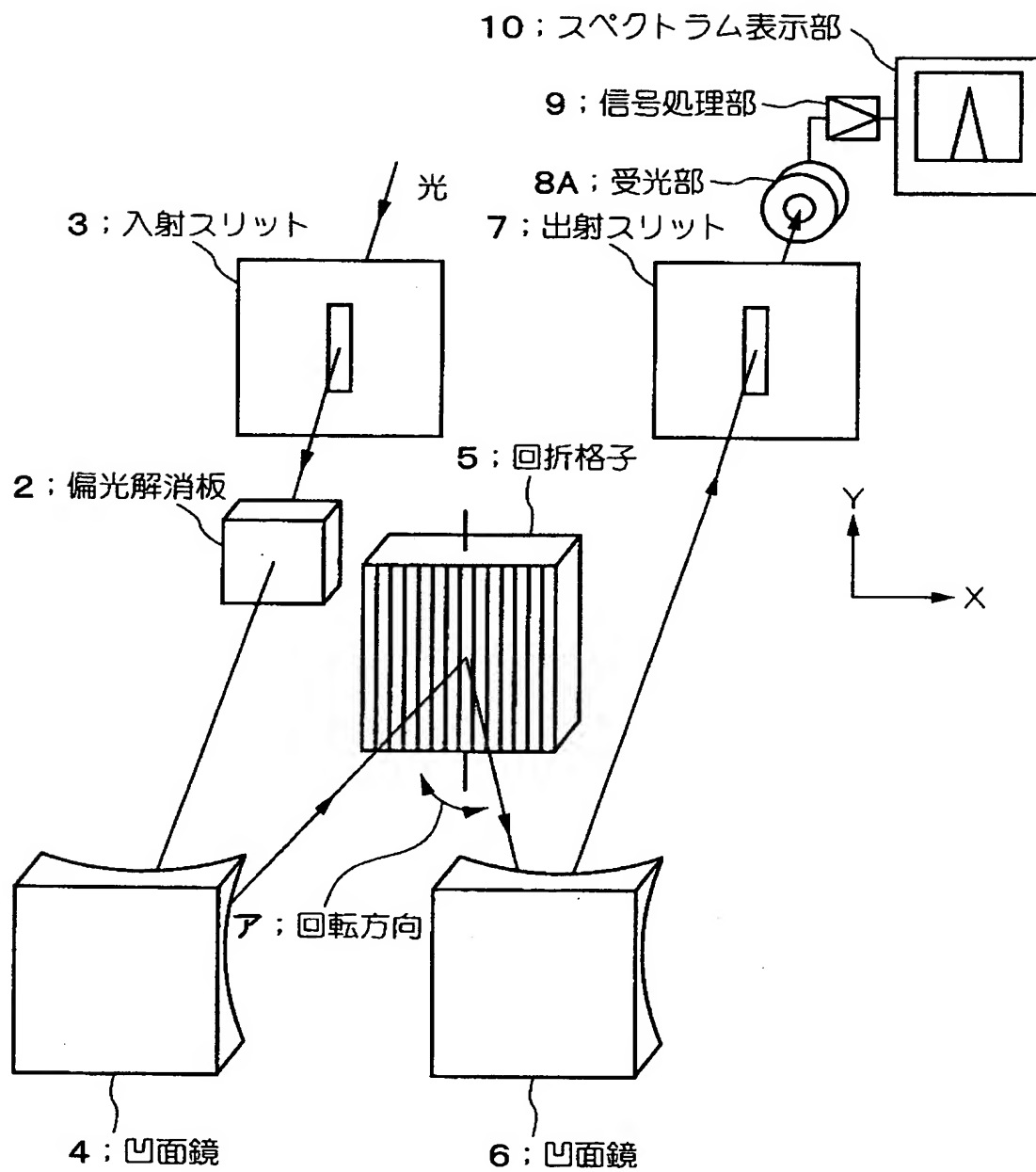
【図 6】



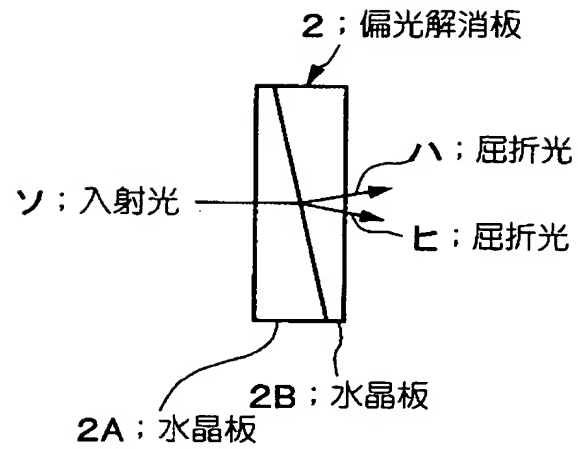
【図 7】



【図 8】

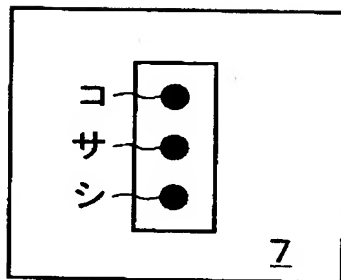


【図 9】

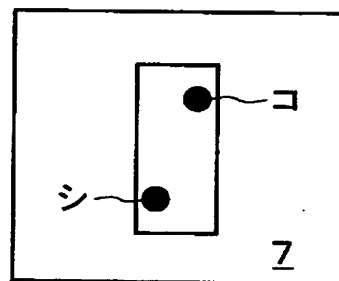


【図 1 0】

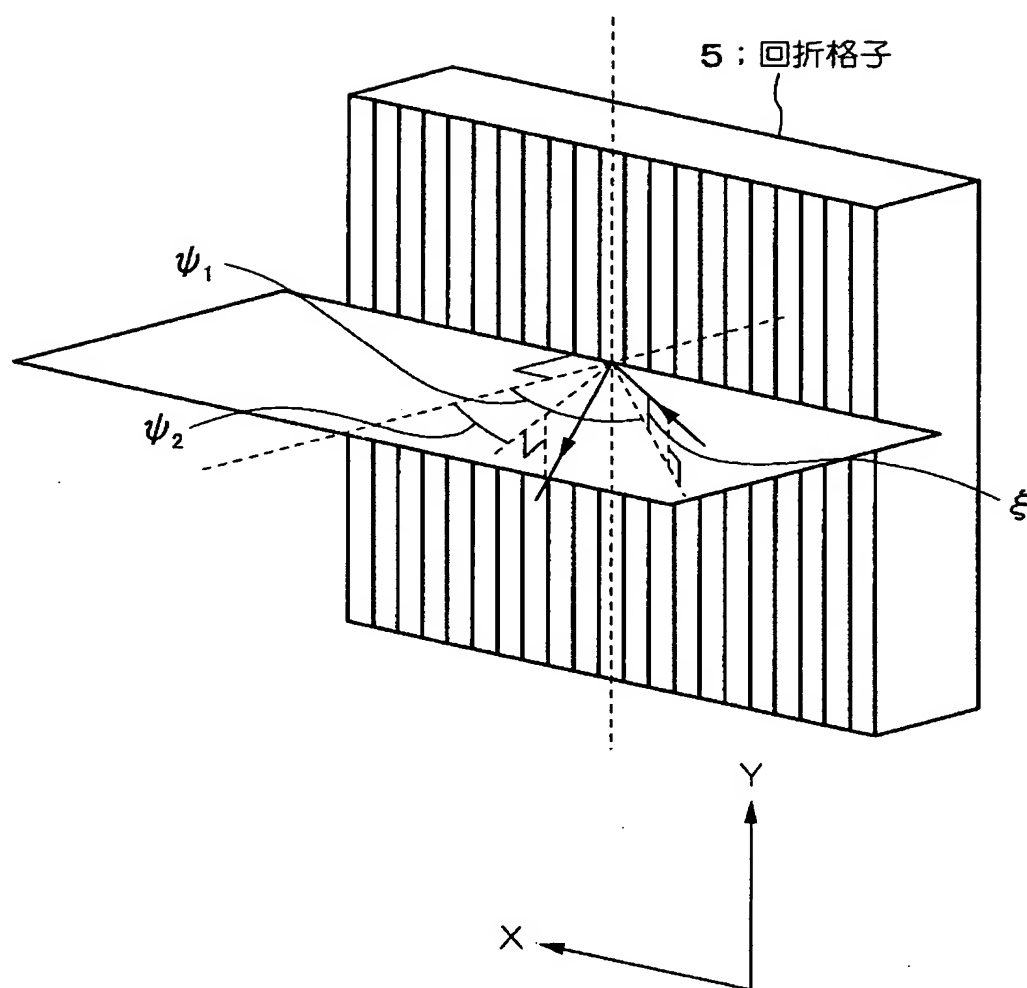
(a)



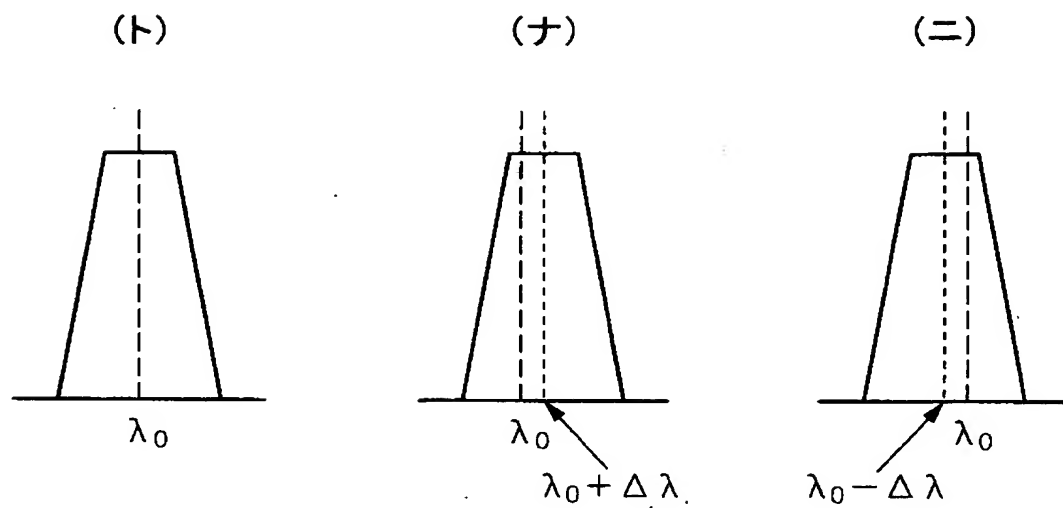
(b)



【図 11】



【図 1 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 任意の偏光状態の入射光に対して分光素子の偏光依存性を解消することにより、真の中心波長をもつスペクトラムを測定する。

【解決手段】 光学軸 1 2 の方向における厚さが連続的に変化する第 2 の複屈折板 1 B と、光学軸 1 3 に対して 45° の方向における厚さが連続的に変化する第 3 の複屈折板 1 C とを備え、第 2 の複屈折板 1 B の厚さの減少方向と第 3 の複屈折板 1 C の厚さの減少方向とが逆方向となるように貼り合わせて成る。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-227713
受付番号	50201159352
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成14年 8月 6日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000117744
【住所又は居所】	東京都大田区蒲田五丁目29番3号
【氏名又は名称】	安藤電気株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000117744]

1. 変更年月日 2001年 4月13日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都大田区蒲田五丁目29番3号
氏 名 安藤電気株式会社